نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۷، ص. ۸۳۰-۸۲۱

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 4, Sept.-Oct. 2018, p. 821-830

بررسی رابطه تغییرات رطوبت خاک با شاخص‌های اقلیمی در رویشگاه جنگلی مله سیاه در استان ایلام

جعفر حسین زاده[1*] – افسانه تنگو[2] – علی نجفی فر[3] – احمد حسینی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۱

چکیده

پایش مستقیم رطوبت خاک و استخراج داده‌های رطوبت به صورت نقطه‌ای نه تنها پر هزینه و وقت‌گیر است، بلکه در سطوح وسیع، غیر عملی است. این در حالی است که خشک‌سالی پدیده‌ای منطقه‌ای بوده و برای پایش آن به داده‌های وسیع و منطقه‌ای نیاز است از این رو، برآورد رطوبت خاک با استفاده از داده‌های هواشناسی گزینه‌ای مناسب است. پژوهش حاضر با بررسی امکان برآورد رطوبت خاک جنگل از طریق پارامترهای آب و هوایی از جمله بارندگی، دمای متوسط، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، رطوبت نسبی، حداقل دمای مطلق، حداکثر دمای مطلق و رطوبت نسبی انجام شد. برای این منظور، در دو دامنه جنوبی و شمالی رویشگاه جنگلی مله‌سیاه در ایلام، تعداد ۱۸ جفت حس‌گر سنجش رطوبت در عمق‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ سانتی‌متری نصب و رطوبت خاک، با استفاده از دستگاه تی‌دی‌آر[5] در فاصله زمانی ماهانه در مدت سه سال متوالی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که می‌توان از شاخص‌های هواشناسی برای برآورد بیلان رطوبت خاک در عرصه‌های جنگلی مورد مطالعه، که اندازه‌گیری مستمر و گسترده رطوبت خاک در آنها مشکل است، به‌نحو مطلوبی استفاده کرد. میزان رطوبت خاک این منطقه در شهریور ماه به حداقل خود می‌رسد. رطوبت ماهانه خاک، حتی در عمق زیاد، بیش‌ترین همبستگی را با پارامترهای اقلیمی همان ماه داشته و در این رابطه میانگین دما و رطوبت نسبی هوا به ترتیب بیش‌ترین همبستگی را نشان داد. مقدار ضریب تبیین (R^2) برای رابطه رگرسیونی، حدود ۰/۹۳ بود که نشان دهنده برآورد بسیار مناسب رطوبت خاک به وسیله مدل می‌باشد. لذا بطورکلی می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس پارامترهای حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک، می‌توان وضعیت بیلان رطوبت خاک جنگل را به نحو مناسبی برآورد و حتی حداقل برای یک ماه آتی پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: جنگل بلوط، دستگاه TDR، متغیرهای هواشناسی، رگرسیون گام به گام

مقدمه

نقش رطوبت خاک در منطقه ریشه به طور گسترده‌ای به عنوان یک پارامتر کلیدی در هواشناسی، هیدرولوژی و کشاورزی به خوبی شناخته شده است آگاهی مناسب از رطوبت خاک برای درک و پیش بینی اثرات متقابل بین اقلیم، آب و هوا و فرایند سطح زمین لازم است (۳۲، ۲۰). دستونی و وروت (۱۱) یک چارچوب مفهومی و تحلیلی را برای ارتباط دادن تغییر آب و اقلیم در سطح زمین و رطوبت خاک و گسترش کمی درازمدت رطوبت خاک در اثر تغییر اقلیم توسعه دادند.

عبارت رطوبت خاک عموما به ذخیره موقت بارش در عمق بالای ۱ تا ۲ متری از نیمرخ خاک اشاره دارد اگرچه تنها درصد کمی از بارش بعد از تبخیر و تعرق، رواناب سطحی و نفوذ عمقی در خاک ذخیره می‌شود، اما ذخیره همین مقدار از رطوبت خاک برای حفظ کشاورزی، مرتع و پوشش جنگلی، حیاتی است (۲۳). بررسی رطوبت در منطقه توسعه ریشه برای آگاهی از بیلان آب در مناطق خشک و حوزه‌های آبخیز جهت برنامه‌ریزی‌های مدیریتی آب امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. (۲۹). رطوبت یکی از فراسنج‌های اساسی خاک است که در مطالعات آب و خاک و مدیریت منابع آب، کاربرد زیادی دارد (۴). رطوبت خاک به طور قابل توجهی بر اقلیم، آب و

۱، ۳ و ۴ – دانشیار و استادیاران پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،
(*– نویسنده مسئول: Email: j.hoseinzadeh@gmail.com)
۲– دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی ساری

DOI: 10.22067/jsw.v32i4.71927

5- Time domain reflectometry

هوا، تولید و رشد گیاه، هیدرولوژی و اکولوژی خاک (دینامیک کربن و نیتروژن و ردیابی انتشار گازها) اثر می‌گذارد (۳۱، ۲۷) اما با وجود اهمیت غیرقابل انکار رطوبت خاک در مطالعات محیطی، به‌دلیل دشواری در اندازه‌گیری‌های مستمر از نظر مکانی و زمانی و پرهزینه و وقت‌گیر بودن سنجش‌های میدانی، تاکنون از این مشخصه به‌طور گسترده در مدل‌های زیستی، بهره‌برداری لازم نشده است (۲). رطوبت خاک به دلیل ناهمگونی در خواص خاک، پوشش زمین، توپوگرافی و توزیع غیر یکنواخت بارش و تبخیر و تعرق دارای تغییرات مکانی و زمانی می‌باشد (۲۳).

اندازه‌گیری رطوبت خاک، به‌طور مستقیم با استفاده از روش‌های درجا مانند نوترون‌متر و TDR یا به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله توابع انتقالی و یا سنجش از دور انجام می‌شود (۱۸). اندازه‌گیری درجا یا نقطه‌ای به منظور پایش رطوبت خاک در مقیاس‌های کوچک نظیر کرت‌های مزرعه‌ای و مقیاس محلی دقت بسیار بالایی داشته، اما برای مقیاس‌های بزرگ (حوزه آبخیز، ناحیه‌ای، قاره‌ای و جهانی) به دلیل فراهم نبودن اطلاعات کافی از پیوستگی و پوشش مکانی و نیز صرف هزینه و زمان زیاد، مناسب نیست. این در حالی است که خشک‌سالی پدیده‌ای منطقه‌ای بوده و برای پایش آن به داده‌های وسیع و منطقه‌ای نیاز است. بنابراین ارائه یک روش ساده برای پایش رطوبت خاک در مقیاس منطقه‌ای از اهمیت اساسی برخوردار است.

شاخص‌های اقلیمی یا آب و هوایی که در ایستگاه‌های هواشناسی به‌طور مستمر اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند، به‌عنوان اطلاعاتی که به آسانی در دسترس هستند، می‌تواند در تعیین خصوصیات سطحی خاک مانند دما و رطوبت خاک، مورد استفاده قرار گیرند. در مورد رابطه تغییرات آب و هوا بر دمای خاک تحقیقاتی صورت گرفته و نتایجی گزارش شده است (۸، ۶، ۵) اما در خصوص رابطه آب و هوا با تغییرات رطوبت خاک مطالعات بسیار اندکی وجود دارد. مطالعات قبلی نشان داده است که رطوبت خاک تحت تأثیر آب و هوا و بازخورد مثبتی از الگوهای بارش است (۱۲، ۱). همچنین از برخی محققان رابطه آب و هوا بر فرآیندهای فیزیکی مختلف دیگری مانند رطوبت سطحی خاک، تبخیر و تعرق، تشعشع در سطح، ذوب برف و رواناب، موثر اعلام شده است (۳۰ و ۲۵، ۲۴، ۲۱، ۲۰، ۱۳). ایران نژاد و همکاران (۱۷) در بررسی برآورد رطوبت خاک با استفاده از داده‌های هواشناسی زودیافت در دو ایستگاه هواشناسی و نیز داده‌های دمای سطح و اعماق خاک نشان دادند در ایستگاه قراخیل در لایه های سطحی و در ایستگاه داراب در اعماق پایینتر خاک، ضریب همبستگی بین رطوبت مشاهده شده و مدل‌سازی شده با استفاده از داده‌های روزانه بارندگی و تبخیر تعرق، بیشتر است. دلیبرتی و لیگیت (۱۰) ناندیستسگ و شینودا (۲۲) با بررسی ارتباط بین رطوبت خاک با باران و دما در فصول مرطوب و خشک نشان دادند رطوبت خاک با میزان بارش ارتباط مستقیمی دارد. چیو و همکاران (۱۹۹۵) اثر تغییر اقلیم بر روی رواناب و رطوبت خاک را در ۲۸ حوضه استرالیا به منظور نشان دادن حساسیت رواناب و رطوبت خاک به تغییرات آب و هوا شبیه سازی کردند و نشان دادند درصد تغییر در سطوح رطوبت خاک می‌تواند متأثر از درصد تغییر در بارش باشد و درجه حرارت به تنهایی در مقایسه با بارش، تأثیر کمی بر روی رواناب و رطوبت خاک خواهد داشت. شانگ و همکاران (۲۸) یک مدل برای محاسبه میزان رطوبت سطحی خاک در چین با استفاده از پارامترهای بارش و تبخیر در ۷۹ ایستگاه هواشناسی کشاورزی توسعه دادند. هدف اصلی این مقاله این است که آیا برآورد رطوبت خاک از طریق پارامترهای آب و هوایی (بارش، دما و رطوبت نسبی) ثبت شده از یک ایستگاه نزدیک به محل مورد مطالعه، که سریع‌تر و با هزینه کمتر قابل حصول است، امکان پذیر هست؟ لذا در این تحقیق سعی شده است با بررسی رابطه بین میزان رطوبت خاک با پارامترهای آب و هوایی یا اقلیمی از قبیل بارندگی، دمای متوسط، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، رطوبت نسبی، حداقل دمای مطلق، حداکثر دمای مطلق و رطوبت نسبی، نسبت به برآورد رطوبت خاک و میزان آب در دسترس درختان جنگلی از طریق پارامترهای مناسب اقدام گردد. بررسی نقش بارش‌ها و سایر پارامترهای اقلیمی مربوط به ماه‌های قبل و آزمون این فرض که رطوبت موجود در اعماق خاک احتمالاً مربوط به بارش‌ها یا دمای ماه‌های قبل باشد، از اهداف دیگر در این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محل اجرای تحقیق، رویشگاه جنگلی ملەسیاه از توابع بخش چوار شهرستان ایلام، در حاشیه جنوبی جاده چوار به حاج‌بختیار، واقع در ۲۲ کیلومتری شمال‌غربی شهر ایلام انتخاب گردید. جنگل ملەسیاه که در عرض جغرافیایی ′۰۲ °۴۵ ″۳۳ و طول جغرافیایی ″۰۳ ′۱۳°۴۶ (مرکز محدوده) واقع شده، مساحتی حدود ۲۴۸۸ هکتار را در برگرفته است که عرصه‌ای معادل هفت هکتار از آن، در ارتفاع حدود ۱۴۰۰ متری از سطح دریا، برای اندازه‌گیری رطوبت خاک تعیین گردید (شکل ۱). میانگین سالانه بارش (در بازه ۳۰ ساله اخیر) در ایستگاه‌های ایلام (به فاصله ۱۲ کیلومتر واقع در ارتفاع ۱۳۶۳ متری از سطح دریا) و ایوان (به فاصله پنج کیلومتر واقع در ارتفاع ۱۲۷۰ متری از سطح دریا)، به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها، به ترتیب ۶۲۱ و ۶۲۴/۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. براساس داده‌های اقلیمی ایستگاه ایلام، حداکثر دمای مطلق روزانه ثبت شده ۴۰/۶ درجه سانتی‌گراد، حداقل دمای مطلق روزانه ۱۴/۶- درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالانه منطقه در ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شکل ۲ نمودار آمبروترمیک منطقه در طی سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

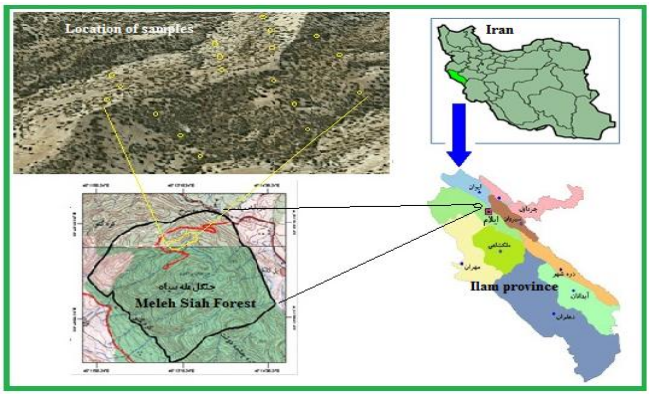
روش تحقیق

برای انجام تحقیق، دو دامنه جنوبی و شمالی در رویشگاه مورد مطالعه تعیین و در هر یک تعداد ۹ محل برای سنجش رطوبت خاک انتخاب شد. برای اطلاع از میزان و روند تغییرات رطوبت در عمق‌های مختلف خاک در محدوده توسعه ریشه درختان جنگلی زاگرس، سنجش رطوبت در سه عمق ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ سانتی‌متری با سه تکرار انجام گرفت و در مجموع ۱۸ نقطه جنگل به‌طور ماهانه مورد اندازه‌گیری رطوبت خاک قرار گرفت. در هر نقطه یک جفت میله فلزی سنجش رطوبت بطور عمودی دراعماق خاک نصب گردید تا با استفاده از دستگاه TDR میزان رطوبت خاک اندازه‌گیری گردد. اندازه‌گیری ماهانه رطوبت خاک طی سه سال متوالی انجام و بعنوان مقدار آب خاک برحسب میلی‌متر ثبت گردید (شکل ۱). برای تعیین ارتباط داده‌های رطوبت خاک با متغیرهای هواشناسی، ۷ متغیر زیر از مجموع داده‌های اقلیمی موجود در ایستگاه هواشناسی ایلام، مربوط به دو سال متوالی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ استخراج شد: بارندگی، رطوبت نسبی هوا، دمای متوسط، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، ، حداقل دمای مطلق، حداکثر دمای مطلق.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین مهمترین شاخص‌های اقلیمی که بیشترین رابطه را با میزان رطوبت خاک دارند از ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. سپس برای تعیین رابطه رگرسیونی بین میانگین پارامترهای هواشناسی حاصل از دو ایستگاه مذکور با مقدار رطوبت خاک از مدل رگرسیون در قالب آنالیز واریانس ANOVA استفاده شد و در نهایت باتوجه به نرمال بودن داده‌ها، ضرایب مدل رگرسیون با استفاده از آزمون t مورد سنجش قرار گرفت.

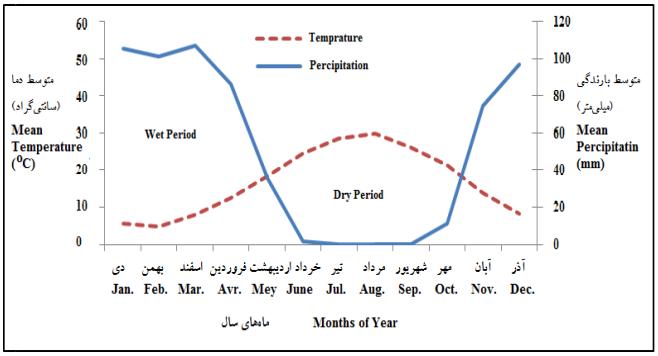
نتایج و بحث

تغییرات میانگین رطوبت اعماق مختلف خاک در ماه‌های سال و در جهت‌های اصلی شمالی و جنوبی در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود، میزان رطوبت خاک در شهریورماه به حداقل خود می‌رسد و تغییرات رطوبت در عمق‌های مختلف در تمام ماههای سال در سطح خاک شدیدتر است، به گونه‌ای که افت رطوبت در فاصله ۲۰ سانتی‌متری بین عمق ۷۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، بسیار بیشتر از فاصله ۴۰ سانتی‌متری بین عمق‌های ۱۱۰ تا ۷۰ سانتی‌متر است.



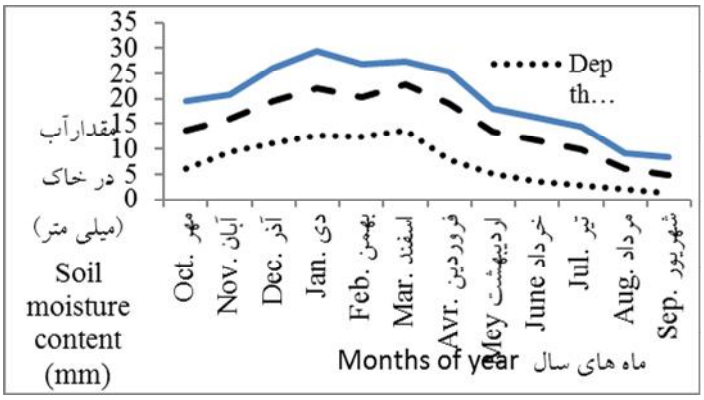
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط اندازه‌گیری رطوبت خاک

Figure 1- Position of study area and Soil moisture measurement points



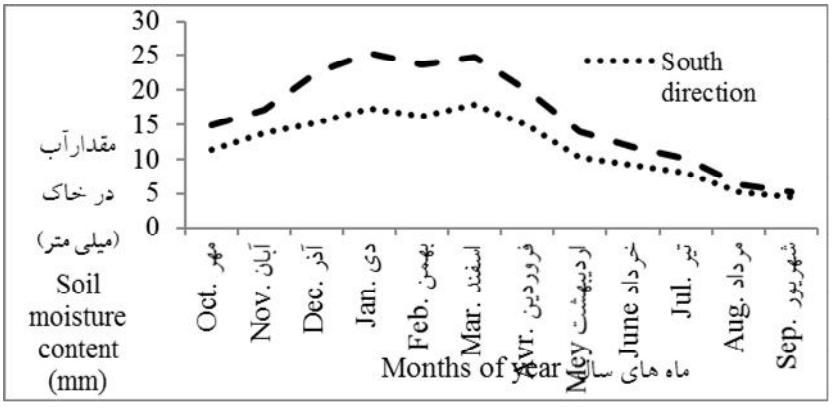
شکل ۲- نمودار آمبروترمیک منطقه در طی سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰

Figure 2- Ambrotromic diagram of the area during the years 1986 to 2011



شکل ۳- نمودار تغییرات میانگین رطوبت عمق‌های خاک در ماه‌های سال

Figure 3- Changes in average soil moisture content in the months of the year



شکل ٤- تغییرات میانگین رطوبت عمق‌های مختلف خاک در دو جهت اصلی و در ماه‌های سال

Figure 4- Changes in monthly average moisture content of different soil depths in two main directions

براساس شکل ۴ منحنی میانگین رطوبت خاک در عمق‌های مختلف در هر دو جهت دارای طرح یکسان است و گرچه میانگین رطوبت خاک در ماه‌های مختلف سال در جهت رو به شمال بیشتر از جهت روبه جنوب است، اما در ماه‌های مرداد و شهریور تفاوت چندانی باهم ندارند. بیشترین میانگین رطوبت در اواسط آذر و اسفند ماه و کمترین میزان آن در شهریور ماه دیده شد. شیب کاهش رطوبت از فروردین تا شهریور به دلیل افزایش تبخیر از سطح خاک در حال افزایش است.

به منظور بررسی ارتباط بین مقادیر رطوبت خاک و شاخصهای اقلیمی، همبستگی پیرسون انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. ضریب همبستگی بین میانگین رطوبت خاک با شاخصهای اقلیمی دو ماه قبل معنی‌دار نبود اما ضریب همبستگی بین میانگین رطوبت خاک با شاخصهای اقلیمی همان ماه و ماه قبل، بسته به عمق خاک، در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. براساس نتایج جدول پارامترهای اقلیمی هر ماه بیش‌ترین همبستگی را با میزان رطوبت خاک همان ماه دارند. چنانچه میانگین رطوبت خاک (تلفیق همه عمق‌ها) در نظر گرفته شود، از بین پارامترهای اقلیمی مولفه‌های میانگین دما، بارندگی و رطوبت نسبی به‌ترتیب بیش‌ترین همبستگی را با رطوبت خاک نشان داده‌اند. بین رطوبت خاک و میانگین دمای ماهانه همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ و بین رطوبت خاک با رطوبت نسبی هوا همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. از آنجائی که دو مولفه دما و رطوبت نسبی، به واسطه نقشی که در مقدار تبخیر و تعرق دارند، به‌ترتیب بیش‌ترین همبستگی را با میانگین رطوبت خاک نشان داده‌اند. اما رفتار رطوبت خاک در عمق‌های مختلف و ارتباط آن با شاخص‌های اقلیمی یکسان نیست، بر این مبناء رابطه رگرسیونی آن‌ها با میزان رطوبت خاک به تفکیک عمق خاک تعیین گردید که در جدول ۳ ارائه شده است. براساس گزارش شانگ و همکاران (۲۸) مقدار رطوبت خاک می‌تواند با استفاده از نسبت بارش روزانه به تبخیر روزانه محاسبه شود، اما تاثیر بارش بر رطوبت خاک با گذشت زمان کاهش می یابد.

جدول ۱- ضرایب همبستگی پیرسون بین میانگین رطوبت خاک جنگل با شاخص‌های اقلیمی در ماه‌های مختلف

Table 1- Pearson correlation coefficients between forest soil moisture content and climatic indices

شاخص‌های اقلیمی climatic indices	همان ماه The same month	ماه قبل Previous month	دو ماه قبل Two months earlier
بارندگی Precipitation	0.752**	0.539	-0.007
میانگین دما Mean Temperature	-0.962**	-0.740**	-0.315
متوسط حداکثر دما Max Average Temperature	-0.958**	-0.732**	-0.300
متوسط حداقل دما Min Average Temperature	-0.957**	-0.845**	-0.524
حداکثر دمای مطلق Max Temperature	-0.935**	-0.783**	-0.409
حداقل دمای مطلق Min Temperature	-0.960**	-0.735**	-0.347
رطوبت نسبی هوا Moisture	0.931**	0.706*	0.233

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و **همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ وجود دارد

*There is a significant correlation at the level of 0.05 and ** significant correlation at the level of 0.01

جدول ۲- خلاصه ضرایب همبستگی مدل رابطه بین میانگین رطوبت خاک با شاخص‌های اقلیمی در ماه‌های مختلف

Table 2- Summary of correlation coefficients of the relationship between soil moisture content and climatic indices in different Months

ضریب همبستگی R Correlation coefficient	R^2	R^2 تصحیح شده R^2 Corrected	خطای معیار برآورد Estimated standard error
0.965	0.931	0.915	1.69949

باتوجه به جدول ۲، مقدار ضریب تعیین (R^2) که نشان دهنده همخوانی مدل رگرسیون با داده‌ها است، برای رابطه بین میانگین رطوبت خاک با شاخص‌های اقلیمی در ماه‌های مختلف سال، ۰/۹۳ است که نشان دهنده برآورد بسیار مناسب رطوبت خاک به وسیله مدل می‌باشد.

جدول ۳ مدل‌های مناسب رگرسیون خطی و ضرایب مربوط را برای عمق‌های مختلف خاک به روش گام به گام[1] نشان می‌دهد. براساس نتایج به دست آمده، با استفاده از این معادلات می‌توان مقدار رطوبت عمق‌های مختلف خاک را با استفاده از شاخص‌های اقلیمی بارندگی، میانگین دما و رطوبت نسبی هوا که به آسانی در ایستگاه های هواشناسی اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند، برآورد نمود. نتایج این تحقیق هم انند شانگ و همکاران (۲۸) نشان می‌دهد که تأثیر بارندگی بر رطوبت خاک با گذشت زمان و فاصله از وقوع بارش، بویژه در عمق‌های پایین‌تر، کاهش می‌یابد. رطوبت خاک عمق‌های پائین‌تر در هر زمان، علاوه بر دما و رطوبت هوا در همان زمان، عمدتاً با میزان بارندگی ماه قبل در ارتباط بوده است. با توجه به اثر قابل توجه بارش ماه قبل بویژه در عمق خاک، این مدل‌ها می‌توانند در پیش‌بینی و برآورد بیلان رطوبت خاک در یک ماه بعدی و درصورت لزوم اتخاذ تدابیر مناسب مدیریتی جنگل کمک نمایند.

بدیهی است که شرایط آب و هوایی بویژه در کوتاه مدت تأثیر بیشتری بر رطوبت لایه‌های سطحی خاک خواهد گذاشت، بنابر انتظار تغییرات عمقی رطوبت در تمام ماههای سال در سطح خاک شدیدتر است و با افزایش عمق تغییرات رطوبت خاک کمتر می‌شود، نتایج مطالعات ایران‌نژاد و همکاران (۱۷)، رمضانی اعتدالی و همکاران (۲۶) حاکی از تغییرات بیشتر رطوبت خاک در لایه سطحی است. گرچه تفاوت بین میانگین رطوبت خاک عمق‌های مختلف در جهت روبه جنوب با رطوبت خاک در جهت روبه شمال مورد انتظار است، ولی عمده این اختلاف مربوط به ماه‌های دارای بارندگی مشاهده شده است در حالی‌که این تفاوت در ماه‌های پایانی فصل خشک زیاد نیست. این موضوع حاکی از نقش مهم عامل تبخیر در دامنه‌های روبه جنوب در ماه‌هایی است که بارندگی رخ می‌دهد. بررسی بیلان رطوبت خاک (شکل ۳) نشان می‌دهد که میزان رطوبت خاک در عمق ۷۰ سانتی‌متری از ماه اردیبهشت تا تیر دارای محدودیت بوده و در ماه‌های مرداد و شهریور وضعیت بحرانی پیدا می‌کند. کمبود بحرانی

1- Stepwise

رطوبت خاک و تنش خشکی شدید حاصل از آن، بر الگوی رقابت درختان تأثیر گذار است و رقابت درختی هم یک عامل مستعدکننده خشکیدگی درختان در زاگرس عنوان شده است. درختانی که تحت تنش خشکی بیشتری قرار گرفته و فشار بیشتری به آنها وارد می‌شود را در معرض خشکیدگی بیشتر گزارش شده است (۱۶).

جدول ۳- ضرایب مدل‌های رگرسیون رطوبت خاک در عمق‌های مختلف

Table 3: Coefficients of Soil Moisture Regression Models in soil depths

متغیر وابسته Dependent Variable	مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Nonstandard coefficient		ضرایب استاندارد شده Standard coefficient	آزمون t T Test	سطح معنی‌داری Significance level
		Standard B		Beta		
رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتی Soil Moisture in 50 cm	Constant value مقدار ثابت	0.717	1.073		1.497	0.151
	Current month Precipitation بارندگی این ماه	0.017	0.080	0.540	4.787	0.000
	Previous month Precipitation بارندگی ماه گذشته	0.014	0.061	0.475	4.208	0.000
Soil Moisture in 70 cm رطوبت خاک در عمق ۷۰ سانتی	Constant value مقدار ثابت	2.214	4.029		1.820	0.085
	Current month Humidity رطوبت نسبی این ماه	0.067	0.180	0.478	2.707	0.014
	Previous month Precipitation بارندگی ماه گذشته	0.027	0.068	0.444	2.514	0.021
Soil Moisture in 110 cm رطوبت خاک در عمق ۱۱۰ سانتی	Constant value مقدار ثابت	4.580	24.695		5.392	0.000
	Current month Mean Temperature میانگین درجه حرارت این ماه	0.179	-0.479	-0.484	-2.676	0.015
	Previous month Precipitation بارندگی ماه گذشته	0.034	0.079	0.420	2.324	0.031

استفاده از پارامترهای هواشناسی ماه‌های قبل می‌توانست در پیش‌بینی و برآورد رطوبت خاک در ماه‌های آتی و امکان اقدامات پیش‌گیرانه کمک شایانی باشد، اما پارامترهای اقلیمی هر ماه بیش‌ترین همبستگی را با میزان رطوبت خاک همان ماه داشته‌اند که اگر آنها دسته‌بندی شوند، میانگین دما در گروه دمایی (شامل متوسط دما، میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، حداکثر مطلق دما و حداقل مطلق دما) و رطوبت نسبی در گروه رطوبت هوا (شامل میزان بارندگی و رطوبت نسبی هوا) به‌ترتیب بیش‌ترین همبستگی را نشان داده‌اند. بنابراین دمای هوا و رطوبت نسبی هوا شاخص‌های مهمی در تعیین میزان رطوبت خاک به حساب می‌آیند. گرچه انتظار می‌رفت مقدار بارندگی با میزان رطوبت خاک رابطه قوی‌تری را نشان دهد اما بایستی توجه داشت که بارش در برخی ماه‌ها ناچیز یا صفر است و اتفاقاً برای هدف ما که تخمین رطوبت خاک بویژه در ماه‌های خشک از طریق پارامترهای قابل اندازه‌گیری انجام می‌شود، چندان مطلوب نخواهد بود و این مورد ممکن است به دلیل عدم تشابه بافت خاک و کاربری اراضی در اقلیمهای مختلف باشد. نتایج مشابهی از نظر میزان همبستگی معنی‌دار در رابطه رطوبت خاک با بارندگی در نطنز اصفهان مشاهده شده است (۴). همچنین کارلسون و همکاران (۷) و جیلس و همکاران (۱۵) در بررسی رطوبت خاک با دقت قابل قبول نشان دادند تغییرات روزانه دما، همبستگی بالایی با مقدار رطوبت

خاک دارد. بایر و همکاران (۳) در بررسی عملکرد تخمین رطوبت در مقایسه با استفاده مستقیم از داده‌های هواشناسی برای تخمین بازده محصول با تجزیه و تحلیل همبستگی چندگانه نشان داد که رطوبت خاک با استفاده از روش مطلوب، بهترین برآوردگر عملکرد محصول بود، و به دنبال آن حداقل دما و حداکثر دما بود، بارش به تنهایی به عنوان ابزاری برای ارزیابی عملکرد نامناسب بود. در تحقیق دیگری فشایی و همکاران (۱۴) در جهت تخمین رطوبت با استفاده از تصاویر سنجنده نشان دادند هم روندی بارندگی و رطوبت نسبی هوا با مقادیر میانگین شاخص کمبود آب، حاکی از انطباق مناسب این شاخص با وضعیت رطوبتی منطقه می‌باشد.

با توجه به رابطه بدست آمده در این پژوهش، به راحتی می‌توان با ابزارهای قابل حمل نسبت به اندازه‌گیری دما و رطوبت هوا پرداخته و میزان رطوبت خاک را تخمین زد. بدیهی است که برای حصول دقت لازم، بایستی این دو عامل را باتوجه به نوع خاک و شرایط محیطی مورد تحقیق بیشتر قرار داد. بسیاری از محققان اندازه‌گیری مستقیم رطوبت خاک، با استفاده از روش‌های درجا را معمولاً هزینه‌بر و زمان-بر می‌دانند (۱۸). بنابراین ارائه یک روش ساده برای برآورد رطوبت خاک در مقیاس منطقه‌ای از اهمیت اساسی برخوردار است. امروزه از تصاویر ماهواره‌ای برای تخمین وضعیت دمایی و رطوبتی خاک استفاده می‌شود ولی آن هم بایستی با اطلاعات دقیق زمینی و داده کافی ایستگاه‌های هواشناسی مطابقت داده شود، لذا در همه جا کاربردی نخواهد بود.

این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان شاخص‌های هواشناسی مانند بارندگی، میانگین دما و رطوبت نسبی هوا، که داده‌های آنها در ایستگاه‌های هواشناسی موجود است و یا اندازه‌گیری آنها در مناطق دور از ایستگاه‌ها آسان است، برای برآورد بیلان رطوبت خاک در عرصه‌های جنگلی که امکان اندازه‌گیری مستمر و گسترده رطوبت خاک در آنها وجود ندارد، مورد استفاده قرار داد. گرچه با توجه به توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، فاصله ایستگاه هواشناسی و تاثیر ارتفاع در میزان رطوبت خاک ممکن است در دقت نتایج موثر باشد، اما استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های نزدیک به منطقه و مشابهت داده‌های حاصله با شرایط منطقه، امکان مقایسه مناسب را فراهم کرده است. پارامترهای بارندگی بویژه بارش ماه قبل، دمای هوا و از جمله آنها میانگین دمای ماهانه و همچنین رطوبت نسبی هوا بیشترین همبستگی معنی‌دار را با رطوبت خاک در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داده است. بدیهی است که تغییرات رطوبت خاک بسته به نوع خاک، کاربری اراضی و نوع اقلیم متفاوت خواهد بود، اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که رطوبت خاک در شهریورماه به حداقل خود می‌رسد و لذا نقش رطوبت خاک در شهریور ماه برای کیفیت بقای درختان و پوشش گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است.

منابع

1- Alfaro E.J., Gershunov A., Cayan D. 2006. Prediction of summer maximum and minimum temperature over the central and western United States: The roles of soil moisture and sea surface temperature. J. Clim, 19: 1407–1421.
2- Babazadeh H., Norouzi Aghdam E., Aghighi H., Shamsnia S.A., and Khodadadi dehkordi D. 2012. Estimation of soil surface moisture in arid and semi-arid range lands using remotely sensed Temperature/Vegetation Index measurements (TVX) (Case Study: Khorasan Province). Iranian journal of Range and Desert Research, 19(1):120-132. (in Persian with English abstract).
3- Baier W., Robertson G.W. 1968. The performance of soil moisture estimates as compared with the direct use of climatological data for estimating crop yields. Agricultural Meteorology, 5(1): 17-31.
4- Behyar M.B. 2014. Evaluation of soil moisture in Isfahan province by E-AMS method. Journal of Geographical Research, 29(1): 1-8. (in Persian).
5- Beltrami H. 2001. On the relationship between ground temperature histories and meteorological records. Global and Planetary Change, 29: 327-348.
6- Brown Sh.E., Pregitzer K.S., Reed D.D., and Burton A.J. 2000. Predicting daily mean soil temperature from daily mean air temperature in four Northern hardwood forest stands, Forest Science. 46: 297-301.
7- Carlson T., Gillies R., Perry E. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. Remote Sensing Reviews, 9: 161–173.
8- Chakcko T.P., and Renuka G. 2002. Temperature mapping thermal diffusivity and subsoil heat flux at Kariavattom of Keral. Proc Indian Academy Science, 111: 79-85.
9- Chiew F.H.S., Whetton PH., McMahon T.A., and Pittock A.B. 1995. Simulation of the impacts of climate change on runoff and soil moisture in Australian catchments. Journal of Hydrology 167: 121–147.
10- Deliberty T.L., and Legates D.R. 2003. Interannual and seasonal variability of modeling soil moisture Oklahoma. International Journal of Climatology, 23: 1057–1086.
11- Destouni G. and Verrot L. 2014. Screening long-term variability and change of soil moisture in a changing climate. Journal of Hydrology, 516: 131–139.

12- Dirmeyer P.A. 2000. Using a global soil wetness dataset to improve seasonal climate simulation. Journal of Climatology, 13: 2900–2922.
13- Dickinson, R.E., 2000. How coupling of the atmosphere to ocean and land helps determine the timescales of inter annual variability of climate. Journal of Geophysical Research, 105: 20115–20119.
14- Fashaee M., Sanaee Nejad S. H., Davary K. 2016. Soil Moisture Estimation Using MODIS Images (Case Study: Mashhad Plain Area). Journal of Water and Soil. 29(6):1735-1745.
15- Gillies, R.R., Carlson, T.N., Cui, J., Kustas, W.P., and Humes, K.S., 1997. A verification of the triangle method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. International Journal of Remote Sensing, 18 (15): 3145-3166.
16- Hosseini A., Hosseini S.M., Rahmani A., and Azadfar D. 2014. Comparison between two oak stands (healthy and affected by oak decline) in respect to characteristics of competitive environments at Ilam province. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 21(4): 606-616. (in Persian with English abstract).
17- Irannejad P., Ghahreman N., Taheri P. 2013. Estimation of soil moisture content by using routine weather data in two agrometeorological stations of Iran. The 2nd International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling, 8(9);1-12.
18- Khanmohammadi F., Homaee M., Noroozi A.A. 2015. Soil moisture estimating with NDVI and land surface temperature and normalized moisture index using MODIS images. Journal of Water and Soil Conservation, 4(2): 37-45. (In Persian with English abstract).
19- Koster R.D., Suarez M.J. 1995. Relative contributions of land and ocean processes to precipitation variability. Journal of Geophysical Research, 100: 13775–13790.
20- Koster R.D., Suarez M.J. and Heiser M. 2000.Variance and predictability of precipitation at seasonal to interannual timescales. Journal of Hydrometeorology, 1, 26–46.
21- Koster R.D., Suarez M.J. 2001. Soil moisture memory in climate models. Journal of Hydrometeorology, 2: 558–570.
22- Nandintsetseg B. and Shinoda M. 2011. Seasonal change of soil moisture in Mongolia: its climatology and modeling. International Journal of Climatology, 31: 1143–1152.
23- Narasimhan B., Srinivasan R., Arnold J.G., Di Luzio M. 2005. Estimation of long-term soil moisture using a distributed parameter hydrologic model and verification using remotely sensed data. American Society of Agricultural Engineers, 48(3): 1101−1113.
24- Pal J.S., and Eltahir E.A.B. 2001. Pathways relating soil moisture conditions to future summer rainfall within a model of the land-atmosphere system. Journal of Climatology, 14: 1227–1242.
25- Paulo C., Terry J., and Eduardo A. 2009. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. Agricultural Water Management, 97: 635-644.
26- Ramezani Etemadi H., Liaqat A., Parsi Nejad M. And Ramezani Etemadi M. 2012. Study of Agricultural Drought Status Based on Soil Moisture at Synoptic Station in Qazvin. Journal of Water Research in Agriculture, 1993-93: (1) 26.
27- Robock, A., Vinnikov K.Y., Srinivasan G., Entin J.K., Hollinger S.E., Speranskaya N.A. Liu S. and Namkhai A. 2000. The Global Soil Moisture Data Bank. Bulletin of American Meteorology Society, 81, 1281–1299.
28- Shang, K. Z., Wang, S.G., Ma Y.X., Zhou, Z.J., Wang, J.Y., Liu, H.L., Wang, Y.Q. 2007. A scheme for calculating soil moisture content by using routine weather data. Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 5197–5206.
29- Talebi A., and Pourmohommadi S. 2009. Assessment of changes in soil moisture using a physical model of water balance. Fifth National Conference on Watershed Management Science and Engineering Iran, Karaj, Iran Watershed Association. (in Persian).
30- Trajkovic S., and Kolakovic S. 2009. Estimation reference evapotranspiration using limited weather data. Irrigation and Drainage. NO.4. ASCE. 433-449.
31- Western A.W., and Grayson R. B. 1998. The Tarrawarra data set: Soil moisture patterns, soil characteristics, and hydrological flux measurements. Water Resource Research, 34: 2765–2768.
32- Yeh T.C., Wetherald R.I., and Manabe S. 1984. The effect of soil moisture on the short term climate and hydrology change-A numerical experiment. Monthly Weather Review, 112: 474–490.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 4, Sept.-Oct. 2018, p. 821-830

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۷، ص. ۸۳۰-۸۲۱

Relationship between Soil Moisture Changes and Climatic Indices in the Mele-Siah Forest Site of Ilam Province

J. Hosseinzadeh[1*]- A. Tongo[2]- A. Najafifar[3]- A. Hosseini[4]

Received: 23-04-2018
Accepted: 02-07-2018

Introduction: Direct monitoring of soil moisture and the extraction of moisture data by point method is not only costly and time-consuming, but in a large scale, is impractical; while drought is a regional phenomenon and requires extensive and regional data to monitor it. Therefore, providing a simple method for monitoring soil moisture on a regional scale is of fundamental importance. Climatological or climatic indicators that are continuously measured and recorded at weather stations can be used as information that is readily available to determine soil surface properties such as temperature and soil moisture. The main objective of this study was to estimate soil moisture under forest cover, using climatic parameters that were recorded from a nearby station. Satellite imagery is currently used to estimate the temperature and moisture status of soil, but it must also be matched with accurate ground data and sufficient weather data stations, so it will not be applicable everywhere.

Materials and Methods: Mele-Siah forest habitat in the northwest of Ilam city was selected as the study area in this research. In this regard, in both the southern and northern slopes of Mele-Siah forest site, 18 pairs of humidity sensor at depths of 50, 70 and 110 cm were installed and soil moisture using TDR device was measured monthly. Monthly measurements of soil moisture were performed for three consecutive years and recorded as soil water content. In order to determine the relationship between soil moisture data and meteorological variables, the following 7 variables were extracted from the climatic data available at Ilam Weather Station: rainfall, relative humidity, average temperature, average maximum temperature, average minimum temperature, minimum absolute temperature and maximum absolute temperature. Multiple regression analysis and Pearson correlation coefficient in SPSS software were used to analyze the data and the relationship between soil moisture and climate indices.

Results and Discussion: The results indicated that the moisture variations at the soil surface, in comparison to the other depths, are more severe in all the months of the year. Therefore, the humidity drops at a distance of 20 cm between the depths of 70 to 50 cm, much more than 40 cm between the depths of 110 to 70 centimeters. The average moisture content in the months of the year in the direction of the north was more than that one was in the direction of the south. Climatic parameters of each month had high correlations with soil moisture levels of the same month. In this regard, average temperature and relative air humidity showed the highest correlations. Soil moisture in the area is minimized in September. The determination coefficient (R^2) for the regression equation was about 0.93, which represented a very good estimation of soil moisture by the model. The highest average humidity was observed in early December and March and its lowest was observed in September. Correlation coefficients between soil moisture content and climatic indices of each month with two months before of them were not significant. However, the correlation coefficients between soil moisture content and climatic indices of the same month and previous month, except for rainfall, was significant. The results showed that we can use meteorological parameters to estimate soil moisture balance in the forests, which continuous and extensive measurement of soil moisture in them is difficult.

Conclusion: According to the study, the weather indicators such as average temperature and relative humidity of air whose data are available at weather stations or easy to measurable in remote areas, can be used to estimate soil moisture content under forests cover that do not have the possibility of continuous and extensive soil moisture measurement. Although rainfall was expected to be more strongly correlated with soil moisture content, but it should be noted that rainfall in some dry months is negligible or zero. Incidentally, we often want to estimate the moisture content of the soil, especially in dry months, through measurable parameters, thus the

1 and 3, 4- Associate Professor and Assistant Professors, Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran
(*-Corresponding Author Email: j.hoseinzadeh@gmail.com)
2- Ph.D. candidate at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

data of rainfall is not desirable. However, considering the topography of the study area, the distance from the meteorological station and the effect of elevation on soil moisture content may be effective on the accuracy of the results, but the use of data from meteorological stations near area provides the right comparison.

Keywords: Forest, Meteorological variables, Soil moisture, TDR device